

Analisis Hidraulik Aliran Bawah Permukaan Melalui Media Gambut (Studi Kasus Lahan Perkebunan Kelapa di Guntung-Riau)

Muljana Wangsadipura¹⁾

Abstrak

Penelitian yang ditulis dalam makalah ini adalah suatu analisis hidraulik aliran bawah permukaan melalui media gambut dengan menerapkan model matematik, percobaan di laboratorium dan uji lapangan. Pendekatan dengan model matematik diharapkan dapat memperoleh suatu bentuk persamaan penurunan muka air tanah yang berlaku bagi aliran melalui media gambut berdasarkan hasil kalibrasi data laboratorium dan data di lapangan. Sebagai batasan untuk melakukan kajian perilaku aliran melalui media gambut antara lain : media dalam keadaan jenuh total, homogen dan isotropis serta aliran satu dimensi.

Pengambilan contoh tanah, pengukuran koefisien permeabilitas dan pengamatan muka air di lahan dilakukan dari dua lokasi yaitu : dari Karang Agung, Sumatera Selatan dan Guntung-Kateman, Riau.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa formula Darcy masih absah (valid) digunakan untuk mengkaji aliran melalui media gambut, dimana gradien hidraulik yang terjadi linier dan aliran adalah laminar dengan bilangan Reynold $R = 1,1$ s/d $4,1$. Nilai konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas-K) hasil penelitian di laboratorium untuk berbagai jenis gambut dibedakan berdasarkan tingkat kematangannya. Untuk jenis gambut safrik nilai K-lab. berkisar antara $(3,94 - 5,00)$ m/hari, sedangkan nilai K-lap. berkisar antara $(5,25 - 8,05)$ m/hari. Untuk jenis gambut hemik nilai K-lab. berkisar antara $(19,87 - 34,86)$ m/hari, sedangkan nilai K-lap. berkisar antara $(22,24 - 34,58)$ m/hari. Untuk gambut jenis fibrik nilai K-lab. berkisar antara $(43,09 - 51,18)$ m/hari, sedangkan nilai K-lap. berkisar antara $(43,75 - 52,11)$ m/hari.

Bentuk lengkung muka air tanah diperoleh berdasarkan pendekatan matematik dengan menerapkan persamaan Brakel dan Schapery. Dalam pemodelan ini diambil beberapa asumsi antara lain media gambut dianggap sebagai akifer tidak tertekan, aliran satu dimensi dengan kondisi tidak langgeng (unsteady). Pemodelan dengan menerapkan data muka air tanah hasil pengamatan diantara dua saluran drainase yang berjarak 500 m sebanyak 5 titik pengamatan untuk periode 7 harian selama 9 minggu dengan mengambil nilai $K = (20-35)$ m/hari atau rerata $K_r = 30$ m/hari menghasilkan koefisien storage $S = 0,065$. Untuk kedua persamaan Brakel dan Schapery memperlihatkan hasil yang cukup baik ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi antara 0,78 dan 0,954 atau rata-rata 0,90.

Kata-kata kunci : koefisien permeabilitas, muka air tanah, media gambut, jarak antara saluran.

Abstract

Research written in this paper is a hydraulic analysis of subsurface flow through peat soil media. This research carried out through mathematical and laboratory experiment as well as field investigation.

The first approach was addressed at obtaining shallow groundwater equations in peat media. The equations then required calibration employing field investigation and laboratory data. On deriving the equations, the assumptions taken are one dimensional models and the media are considered as being saturated, homogeneous and isotropic.

The samples for experiment were acquired from Karang Agung – South Sumatera and Guntung Kateman – Riau. Field water level investigation was conducted only on one of the secondary units at Kateman Guntung – Riau. The two-year research shows that the application of Darcy's formula is still confirmly valid on peat soil media. The gradient hydraulics is linear and the flow is laminar with Reynolds Number is about $1,1 - 4,1$. The coefficient of permeability depends on its ripeness. The permeability of aspheric peat's is about $3,94 - 5,00$ m/day (laboratory scale). On the field investigation, however, the results appear to be $5,25 - 8,05$ m/day. For

1. Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung

Catatan : Usulan makalah dikirimkan pada 13 Januari 2005 dan dinilai oleh peer reviewer pada tanggal 17 Januari 2005 - 14 Maret 2005. Revisi penulisan dilakukan antara tanggal 18 Maret 2005 hingga 21 April 2005.

hemik peat, the laboratory scale shows 19,87 – 34,86 m/day. On the field, moreover, gives 22,24 – 34,58 m/day. Greater permeability is obtained from fabric peat's. They show 43,09 – 51,18 m/day. Water level shapes is analyzed by applying Brakel and Schapery's mathematical model. The model is unconfined, one dimensional and unsteady flow. The 500 m drain spacing with 5 point observation was treated on 7 – days period during 9 weeks. The result leads to $K = 30$ m/day and storage coefficient $S = 0,065$. The correlation coefficient shows a good result, ie. 0,78 and 0,954 with average of 0,90.

Keywords : permeability coefficient, groundwater level, peat soil media, drain spacing.

1. Pendahuluan

Pemanfaatan lahan gambut rawa untuk budidaya perkebunan kelapa hibrida, sawit dan tanaman lain yang sejenis secara teknis perlu ditunjang dengan manajemen air yang baik. Pengelolaan air yang tepat untuk pengembangan perkebunan di lahan gambut rawa adalah penerapan sistem drainase terkendali yaitu konsep manajemen air melalui jaringan saluran dan bangunan hidraulik, baik mikro maupun makro.

Pengendalian muka air tanah bawah permukaan di lahan gambut merupakan bagian dari kajian perilaku aliran air tanah secara hidraulik untuk memperoleh gambaran mengenai :

- Watak dan karakteristik berbagai jenis gambut berdasarkan tingkat kematangannya ditinjau dari nilai permeabilitas atau konduktivitas hidrauliknya.
- Bentuk lengkung penurunan muka air tanah di tingkat lahan.
- Tata letak jarak antar saluran (*drain spacing*) yang diperlukan untuk budidaya tanaman kelapa dan tanaman sejenis pada lahan gambut.

Informasi nilai permeabilitas (konduktivitas hidraulik) untuk jenis tanah gambut masih dirasakan sangat kurang jika dibandingkan dengan tanah mineral seperti pasir, lempung dan lain-lain. Formula empiris untuk mempelajari perilaku aliran melalui media porus telah didapatkan oleh Darcy pada tahun 1856 berdasarkan eksperimen untuk mendapatkan faktor permeabilitas atau konduktivitas hidraulik bagi jenis tanah mineral terutama tanah pasir. Untuk jenis tanah gambut formula tersebut masih perlu diverifikasi keabsahannya (validitas-nya).

Kajian perilaku aliran air tanah bawah permukaan melalui media porus tanah gambut dilakukan melalui pendekatan eksperimen di laboratorium, pendekatan secara matematis dengan menerapkan berbagai persamaan yang tepat (sesuai) dan melalui pendekatan lapangan (pengukuran secara langsung).

Tulisan ini mencoba untuk menguraikan dan membahas mengenai penetapan nilai konduktivitas hidraulik berbagai jenis gambut (laboratorium dan

lapangan), persamaan bentuk lengkung penurunan muka air tanah di tingkat lahan gambut dan tata letak drain spacing yang diperlukan serta saran untuk manajemen air yang layak diterapkan di lahan rawa gambut untuk budidaya perkebunan kelapa dan tanaman yang sejenis.

2. Metodologi

2.1 Verifikasi penerapan Formula Darcy untuk media porus gambut

Tanah gambut pada umumnya mempunyai sifat yang berbeda dengan tanah mineral, sehingga cara evaluasi sifat-sifat tanah gambut dengan tanah mineral sebagai acuan seringkali tidak tepat, demikian pula halnya pada penggunaan rumus-rumus yang diturunkan berdasarkan hasil eksperimen pada tanah mineral berupa pasir. Oleh karena itu diperlukan kajian atau verifikasi agar penggunaan rumus Darcy dapat diterapkan secara absah (valid) untuk media porus seperti tanah gambut.

Eksperimen di laboratorium melalui peralatan yang terdiri dari : Tangki air sebagai reservoir; Satu set tabung uji pralon PVC yang berdiameter 20 cm, panjang 300 cm dilengkapi dengan manometer air raksa yang ditempatkan pada tabung gelas dan dihubungkan dengan pipa plastik diameter 1 cm; Pipa inlet dan outlet berdiameter 10 cm; (**Gambar 2**).

Alat pengukur volume (tabung pengukur) dan Stopwatch untuk mendapatkan besaran debit.

Hasil pengujian faktor gradien hidraulik untuk beberapa contoh tanah gambut jenis safrik, hemik, dan fibrik secara visual dapat dibaca dan dilihat dari bentuk penurunan air raksa pada manometer. Secara grafis disajikan dalam bentuk grafik. Terlihat bahwa gradien hidraulik hasil eksperimen sebagai plotting antara selisih tekanan (ΔH) dibagi dengan panjang contoh tanah gambut (L) terhadap nilai kecepatan (V) mendapatkan bentuk persamaan garis lurus :

$$V = \alpha \frac{\Delta H}{L} \quad (1)$$

Grafik hasil regresi linier untuk 6 contoh tanah gambut (1 safrik, 3 hemik, dan 2 fibrik) disajikan pada **Gambar-gambar (7 s/d 12)** dengan koefisien korelasi rata-rata hasil regresi linier sebesar 0,89. Hasil hitung

bilangan Reynold berkisar antara nilai 1,1 dan 4,1 (lihat **Tabel 1**). Dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian faktor gradien hidraulik untuk tanah gambut memperlihatkan bentuk linier dan aliran yang terjadi adalah laminar, sehingga pemakaian formula Darcy untuk menghitung besarnya koefisien konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas) adalah absah (valid).

2.2 Pengujian nilai konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas – K) di laboratorium

Eksperimen untuk menetapkan besarnya nilai konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas) dilakukan dengan menerapkan metode constant head yaitu dengan peralatan Tabung Uji berdiameter 20 cm dan panjang 100 cm dilengkapi dengan pipa inlet dan outlet masing-masing berdiameter 5 cm.

Tabung uji berisi tanah gambut dihubungkan dengan Reservoir (Tangki air) yang mempunyai tinggitekan tetap (*constant head*) dengan beda elevasi H. Selisih tinggi tekan (ΔH) dapat dibaca pada manometer air raksa yang dihubungkan dengan pipa plastik diameter 1 cm pada jarak 50 cm. (**Gambar 3 & 4**).

Dengan asumsi media gambut dalam keadaan jenuh total, homogen dan isotropis maka perhitungan yang didasarkan formula Darcy dapat diterapkan.

Nilai konduktivitas hidraulik – K dihitung dengan rumus yang telah ada :

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot \Delta H} \quad (2)$$

dimana : K = konduktivitas hidraulik

Q = debit yang dibaca dari gelas ukur

L = panjang contoh tanah gambut

A = luas penampang tanah

ΔH = beda tinggi tekan pada manometer

Hasil dari pengujian diperoleh besarnya nilai konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas) untuk berbagai jenis gambut adalah sebagai berikut : Untuk jenis gambut safrik, hemik, dan fibrik nilai K berturut-turut berkisar antara :

$K_s = (4,53-5,00)$ m/hari atau rata-rata = 4,76 m/hari

$K_h = (19,87-34,86)$ m/hari atau rata-rata = 26,49 m/hari

$K_f = (43,09-51,18)$ m/hari atau rata-rata = 47,26 m/hari

Hitungan yang lengkap tersaji pada **Tabel 2**.

2.3 Pengukuran nilai konduktivitas hidraulik (Koefisien permeabilitas – K) di lapangan (In-situ)

Peralatan untuk mengukur konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas) untuk tanah gambut di lapangan harus didesain sebaik mungkin oleh karena tidak semudah cara mengukur di tanah mineral. Pengukuran dilakukan dengan cara gali lubang atau sumur uji sebanyak dua buah dengan ukuran dan kedalaman yang sama dan ditempatkan pada jarak tertentu. Peralatan lain yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut adalah pompa, pipa, meteran pembaca volume dan alat pengukur perubahan taraf muka air yang dilengkapi dengan pelampung serta Stopwatch untuk membaca waktu. Lubang (sumur) dilengkapi dengan casing berupa rangka besi beton dilengkapi dengan saringan agar supaya material gambut tidak runtuh atau terbawa sewaktu pemompaan (**Gambar 5**).

Dengan asumsi media gambut dalam keadaan jenuh total, homogen dan isotropis diperoleh besarnya konduktivitas hidraulik hasil pengukuran ditempat untuk berbagai jenis gambut safrik, hemik dan fibrik berturut-turut adalah :

$K_s = (5,25-8,05)$ m/hari atau rata-rata = 7,1 m/hari

$K_h = (22,24-34,58)$ m/hari atau rata-rata = 28,06 m/hari

$K_f = (43,75-52,11)$ m/hari atau rata-rata = 47,80 m/hari

Hitungan yang lengkap ditampilkan pada **Tabel 3**.

2.4 Pengamatan muka air tanah di lahan gambut dan muka air di saluran

Untuk menguji bentuk lengkung penurunan muka air tanah di lahan gambut telah dilakukan pengamatan muka air tanah dan muka air pada suatu lahan yang berada diantara dua saluran drainase sekunder berjarak 500 m. Alat pengamat berupa pipa piezometer dan peilschaal (papan baca) (**Gambar 6**). Untuk setiap 7 hari, 5 buah piezometer yang ditempatkan setiap jarak 80 m dilakukan pembacaan termasuk pembacaan muka air pada peilschaal (papan baca) yang ditempatkan pada saluran drainase dan berjarak 90 m dari piezometer pertama dan terakhir. Data hasil pembacaan muka air tanah dan muka air disajikan pada **Tabel 4**.

2.5 Bentuk penurunan muka air tanah aliran bawah permukaan melalui media gambut

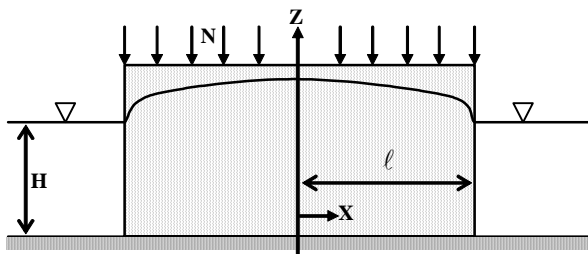
Analisis aliran air tanah dalam kondisi tidak tunak (*unsteady*) melalui media porus gambut dapat dilakukan dengan mengambil asumsi sebagai batasan

antara lain :

- Media gambut dianggap sebagai akifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*)
- Air tanah dapat tertampung dalam ruang pori media gambut sehingga menjadi tampungan phreatic (*phreatic storage*) jika muka air berubah terhadap waktu (tak stedi).
- Formula Darcy dan asumsi Dupuit serta Forcheimer dapat dipakai dalam analisis aliran air tanah.

Solusi pendekatan dilakukan dengan menerapkan Metode *Schapery* dan Metode *Brakel*.

2.5.1 Metoda *Schapery*



Gambar 1. Tanah yang mengalami infiltrasi

Schapery (1961) menggunakan formula pendekatan invers untuk transformasi Laplace dengan bentuk

$$f(t) = \lim_{s \rightarrow \frac{1}{2}t} [sF(s)] \quad (3)$$

Bentuk persamaan diferensial untuk analisis aliran air tanah untuk kondisi tak stedi dengan tampungan phreatic dalam satu dimensi.

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = T \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + N \quad (4)$$

$$\text{kondisi awal } t = 0 ; h = H \quad (5)$$

$$\text{kondisi batas } x = 0 ; \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

$$x = \ell ; h = H \quad (7)$$

Jika h merupakan transformasi Laplace untuk variabel h , transformasi **persamaan (4)** dengan **persamaan (5)**.

$$S(\bar{h} - H) = T \frac{d^2 \bar{h}}{dx^2} + \frac{N}{s} \quad (8)$$

Solusi untuk memenuhi kondisi batas di atas menjadi :

$$\bar{h} = \frac{H}{s} + \frac{N}{Ss^2} \left\{ 1 - \frac{\cosh[x(Ss/T)^{1/2}]}{\cosh[\ell(Ss/T)^{1/2}]} \right\} \quad (9)$$

Persamaan (9) masih dalam bentuk transformasi

Laplace, sehingga persamaan tersebut harus dikembalikan pada bentuknya dengan menggunakan invers transformasi Laplace :

$$D^{-1}\left\{\frac{1}{s}\right\} = 1$$

$$D^{-1}\left\{\frac{1}{s^2}\right\} = 2t$$

$$D^{-1}\{s\} = \frac{1}{2t}$$

Bentuk persamaan menjadi :

$$h = H + \frac{N}{S} 2t \left\{ 1 - \frac{\cosh[x(S/2Tt)^{1/2}]}{\cosh[\ell(S/2Tt)^{1/2}]} \right\} \quad (10)$$

dimana :

h = tinggi muka air tanah dari datum (m)

H = tinggi muka air dalam saluran (m)

N = infiltrasi (m/hari)

S = koefisien tampungan

t = waktu (hari)

x = jarak dari titik awal (m)

T = transmissivity (KH) dalam (m²/hari)

ℓ = setengah jarak antara saluran (m)

2.5.2 Metode *Brakel*

Brakel (1968) mengembangkan suatu metode pendekatan berdasarkan beberapa asumsi fisik yang mempunyai kemiripan dengan metode pemisahan variabel dengan memodifikasi sifat ruang yang telah ditetapkan sebelumnya.

Solusi untuk penyelesaian masalah aliran air tanah untuk kondisi tak stedi berbentuk :

$$h = H + \frac{N(\ell^2 - x^2)}{2T} f(t) \quad (11)$$

dimana $f(t)$ adalah fungsi dari waktu.

Persamaan tersebut harus memenuhi kondisi awal jika $f(0) = 0$, dan juga memenuhi solusi akhir dalam keadaan stedi (*steady state*) jika $f(\infty) = 1$

Dengan anggapan tersebut maka solusi dari aliran air tanah untuk kondisi tak stedi dan kondisi stedi akan menggunakan **persamaan (11)** yang berarti untuk setiap waktu t secara geometris akan serupa.

Bila **persamaan (11)** disubstitusikan kepada **persamaan (4)** maka asumsi diatas tidak sepenuhnya benar sebab tidak mungkin bahwa persamaan tersebut dapat memenuhi seluruh harga x dan t . Pernyataan di atas hanya mungkin dipenuhi apabila untuk setiap waktu t dapat dinyatakan hubungan sebagai berikut :

$$\int_0^\ell \left(S \frac{\partial h}{\partial t} - T \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - N \right) dx = 0 \quad (12)$$

Apabila **persamaan (8)** disubstitusikan kepada **persamaan (9)**, maka :

$$\frac{df}{dt} = -\frac{3T}{S\ell^2}(f-1) \quad (13)$$

In merupakan persamaan diferensial biasa. Dengan mengintegralkan kedua sisi persamaan dan dengan mengabaikan $t = 0$

$$f = 1 - \exp(-3Tt/S\ell^2) \quad (14)$$

Jadi solusi pendekatan masalah diatas dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$h = H + \frac{N(\ell^2 - x^2)}{2T} [1 - \exp(-3Tt/S\ell^2)]$$

Dimana :

h = tinggi muka air tanah dari datum (m)

H = tinggi muka air dalam saluran (m)

N = infiltrasi (m/hari)

ℓ = jarak dari tengah ke saluran (m)

x = jarak dari titik awal (m)

T = transmissivity (KH) dalam m^2 /hari

S = koefisien tumpungan

3. Pembahasan dan Hasil

3.1 Pembahasan dan hasil pengujian faktor hidraulik untuk verifikasi penggunaan Rumus Darcy pada media gambut

Hasil pengujian faktor gradien hidraulik untuk beberapa contoh gambut secara visual dibaca dan dilihat dari bentuk penurunan air raksa pada manometer, secara grafis disajikan dalam bentuk gambar grafik untuk 1 contoh tanah gambut safrik, 3 contoh tanah gambut hemik, dan 2 contoh tanah gambut fibrik. Terlihat dari gambar bahwa gradien hidraulik hasil percobaan sebagai plotting antara selisih tinggi tekan (ΔH) dibagi dengan Panjang contoh tanah (L) terhadap nilai kecepatan (V) berbentuk garis lurus :

$$V = \alpha \frac{\Delta H}{L}$$

Grafik hasil regresi untuk 6 contoh tanah gambut disajikan pada **Gambar 7 s/d Gambar 12**. Koefisien korelasi hasil regresi linier bervariasi antara nilai 0,9901; 0,7987; 0,5911; 0,9891; 0,9638 dan 0,9983. Hasil hitungan bilangan Reynold sebagian besar contoh tanah gambut berkisar antara 1,14 s/d 4,11, kecuali untuk contoh tanah 1 rata-rata bilangan Reynold adalah 0,281.

Dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian faktor gradien hidraulik untuk tanah gambut memperlihatkan bentuk linier dan aliran yang terjadi adalah :

laminer sehingga penggunaan rumus Darcy untuk menghitung besarnya konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas-K) adalah absah (valid).

3.2 Pembahasan dan hasil pengukuran konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas – K) di laboratorium

- Hasil pengukuran besarnya permeabilitas-k yang dilakukan di laboratorium untuk berbagai jenis contoh gambut (1 contoh gambut safrik, 3 contoh gambut hemik dan 2 contoh gambut fibrik) memperlihatkan nilai yang bervariasi. Berdasarkan hasil hitungan dengan menggunakan selisih tekanan (rumus Darcy), untuk contoh tanah 1 (gambut safrik) nilai K berkisar antara (4,53 – 5,00) m/hari atau rata-rata = 4,75 m/hari, sedang menurut regresi linier $K = 3,94$ m/hari.
- Untuk contoh tanah 2,3, dan 4 (gambut hemik) besarnya nilai K berdasarkan perhitungan selisih tekanan (rumus Darcy) nilai K berkisar antara (19,87 – 34,86) m/hari atau rata-rata 26,49 m/hari, sedangkan menurut regresi linier $K = 23,82$ /hari.
- Pengukuran yang dilakukan sebelumnya untuk jenis gambut hemik besarnya koefisien permeabilitas – K berdasarkan pengukuran pada tabung uji metoda *constant-head* berkisar antara (26,49-27,49) m/hari, sedangkan pengukuran dengan sumuran (tangki air) nilai K berkisar antara (25,29-27,45) m/hari.
- Untuk contoh tanah 5 dan 6 (gambut fibrik) besarnya nilai koefisien permeabilitas – K berdasarkan hitungan selisih tekanan (*rumus Darcy*) berkisar antara (43,09-51,18) m/hari atau rata-rata = 47,26 m/hari, sedangkan menurut regresi linier $K = 46,29$ m/hari. Hitungan besarnya nilai konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas – K) di laboratorium disajikan dalam **Tabel 2**.

3.3 Pembahasan dan hasil pengukuran konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas – K) di lapangan

Hasil pengukuran Konduktivitas Hidraulik (koefisien permeabilitas-K) di lapangan dilakukan pada 2 lokasi di Karang Agung, Propinsi Sumatera Selatan memperlihatkan nilai K antara (5,25 – 8,05) m/hari, sedangkan pengukuran sebanyak 6 lokasi dilakukan di Guntung – Kateman, Propinsi Riau masing-masing di lokasi perkebunan RSTM dan GHS memperlihatkan nilai K antara (22,24; 27,36; 34,58) m/hari atau rata-

rata = 28,06 m/hari, sedangkan untuk 3 lokasi yang lain memberikan nilai k antara (43,75; 47,54 dan 52,11) m/hari atau rata-rata 47,80 m/hari.

Apabila dibandingkan dengan hasil pengujian di laboratorium memperlihatkan bahwa besarnya koefisien permeabilitas ditempat lebih besar oleh karena kondisi tanah adalah undisturbed (tidak terganggu). Hasil pengukuran koefisien permeabilitas lapangan disajikan dalam **Tabel 3**.

3.4 Pembahasan dan hasil pengujian bentuk penurunan muka air tanah dengan menerapkan Metode Schapery dan Metode Brakel

3.4.1 Metode Schapery

Dari persamaan menurut metode Schapery dapat diketahui bahwa infiltrasi dan koefisien *storage* sangat berpengaruh terhadap perubahan muka air tanah. Sedangkan koefisien hidraulik yang merupakan variabel transmisibilitas atau keterangkutan ($T=K.h$) pengaruhnya cukup kecil bila dibandingkan dengan pengaruh *S* karena merupakan salah satu variabel fungsi *cosinus hiperbolikus*. Jarak drainase dalam persamaan ini sebagai variabel *cosinus hiperbolikus* pembagi akan mempengaruhi lengkung muka air tanah. Bila jarak drainase semakin jauh akan menghasilkan muka air tanah yang semakin cembung.

Hasil perhitungan dengan metode ini sangat dipengaruhi oleh persamaan yang dihasilkan yaitu *cosinus hiperbolikus*. Jadi bentuk tinggi muka air tanah yang dihasilkan merupakan bentuk yang paling cembung bila dibandingkan dengan metode lainnya. Penurunan muka air tanah bertambah sejalan dengan bertambahnya jarak yang ditinjau. Penurunan muka air tanah yang cukup besar terjadi di dekat saluran, sekitar 90 meter dari saluran.

Bila dibandingkan dengan data lapangan, hasil penerapan metoda Schapery paling banyak yang mendekati. Data yang cocok dengan metode ini adalah data yang mempunyai hujan harian antara 76 mm sampai 87,7 mm. Bila dilihat dari tabel dan grafik yang kami sajikan pada bab sebelumnya, tinggi muka air yang mendekati hasil data lapangan adalah tinggi muka air di sekitar tengah-tengah lahan yang ditinjau.. Sedangkan tinggi muka air di dekat saluran hasil pengamatan jauh berada di bawah hasil perhitungan metode ini.

3.4.2 Metode Brakel

Dilihat dari persamaan menurut metode Brakel, variabel yang besar pengaruhnya terhadap bentuk persamaan adalah infiltrasi dan konduktivitas hidraulik. Koefisien *storage* pada persamaan ini

merupakan salah satu variabel dari fungsi eksponensial, sehingga pengaruh perubahan harga *S* cukup kecil dibandingkan dengan pengaruh *K*. Jarak drainase yang jauh menghasilkan tinggi muka air tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan jarak drainase yang lebih pendek.

Hasil perhitungan dengan metode ini sesuai dengan bentuk persamaannya yang berbentuk eksponensial tidak seimbang hasil metode Schapery sehingga tinggi muka air yang dihasilkannya lebih rendah. Penurunan tinggi muka air bertambah sejalan dengan bertambahnya jarak yang ditinjau.

Penurunan tinggi muka air di sekitar saluran relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil perhitungan metode Schapery.

Bila dibandingkan dengan data lapangan, hasil penerapan metode ini hanya cocok dengan 3 data. Data yang cocok dengan metode ini adalah yang mempunyai data hujan harian antara 98,7 mm sampai 102 mm. Bila dilihat secara keseluruhan dari grafik, hasil perhitungan metoda ini banyak yang cocok untuk tinggi muka air di dekat saluran. Sedangkan tinggi muka air ditengah-tengah saluran banyak yang jauh lebih tinggi.

3.5 Pengujian data lapangan dengan menerapkan Metode Schapery dan Metode Brakel

Untuk menerapkan metode Schapery dan metode Brakel dalam kajian bentuk penurunan muka air tanah aliran melalui media porus gambut diperlukan data antara lain : Koefisien Tampung (S), Konduktivitas hidraulik (K), Jarak antara saluran drainase (l), Durasi pengamatan (t), Tebal lapisan gambut (D), Infiltrasi (N), Data piezometer Nilai infiltrasi (N) diperhitungkan dari data hujan dan evapotranspirasi.

Contoh perhitungan :

Diketahui data sebagai berikut :

$$H=1,40\text{m}, N=100\text{mm}/7\text{hari}-2,1\text{mm}/\text{hari}=0,0122\text{ m/hari}$$

$$S=0,065, t=7\text{hari}, x=0\text{m}, T=K.H = 30,1.4 = 42\text{ m}^2/\text{hari}$$

$$l=250\text{ m}$$

Menurut Schapery :

$$h = 1.4 + \frac{0.01218}{0.065} \times 2 \times 7 \times \left[1 - \frac{\cosh \left[0 \left(\frac{0.065}{2 \times 42 \times 7} \right)^{\frac{1}{2}} \right]}{\cosh \left[250 \left(\frac{0.065}{2 \times 42 \times 7} \right)^{\frac{1}{2}} \right]} \right]$$

$$h = 3.65\text{ meter}$$

Menurut Brakel :

$$h = 1.4 + \frac{0.01218(250^2 - 0^2)}{2 \times 24} \left[1 - \exp\left(\frac{3 \times 42 \times 7}{0.065 \times 250^2}\right) \right]$$

$$h = 3.17 \text{ meter}$$

Hitungan dilakukan dengan berbagai variasi nilai konduktivitas hidraulik (K) dan nilai koefisien tampungan (S) agar bisa sesuai dengan kondisi lapangan. Hasil pengujian dengan menerapkan kedua metode (Schapery dan Brakel) dibandingkan dengan data lapangan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. (**Tabel 5 s/d 7 dan Gambar 13 s/d 15**).

3.6 Kajian kasus yang terjadi di lapangan

Bila jarak antara saluran selebar 500 m, untuk kasus hujan terjadi selama 3 hari berturut-turut sebesar 25 mm, 38 mm dan 21,7 mm dengan total hujan selama 3 hari sebesar 84,7 mm terlihat bahwa penurunan muka air tanah ditengah antara dua saluran mencapai maksimum 0,90 m dari muka tanah atau mencapai maksimum 3,10 m dari datum (+0,00) berada pada posisi 4,00 m dibawah muka tanah (**Gambar 16**).

Bila periode berikutnya tidak turun hujan terlihat bahwa selama 120 hari tak terjadi hujan peristiwa turunnya muka air ditengah antara dua saluran mencapai kedalaman $h = 2,30$ m dari muka tanah (**Gambar 16**). Untuk mengetahui turunnya muka air tanah di lahan selama durasi hari kering untuk interval waktu 10 harian sampai dengan durasi (120 hari dilihat pada (**Gambar 17**). Dapat disimpulkan bahwa penurunan muka air tanah di lahan sampai dengan 120 hari tak hujan mencapai maksimum kedalaman 2,30 m dari muka tanah selama keberadaan muka air di saluran dapat dikendalikan. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan lahan gambut menyimpan air cukup baik meskipun terjadi kemarau yang cukup panjang (± 4 bulan).

Untuk durasi hujan mingguan (1 minggu = 7 hari) terlihat bahwa penurunan muka air ditengah antara dua saluran rata-rata mencapai nilai maksimum 1,10 m dari muka tanah atau mencapai maksimum 2,90 m dari datum (**Gambar 18**).

Bila jarak antara saluran selebar 100 m dengan durasi hujan mingguan (1 minggu = 7 hari) maka tinggi muka air dihitung dengan kedua metode Schapery & Brakel memperlihatkan nilai yang hampir sama yaitu sebesar 2,19 m dan 2,20 m dari datum pada posisi ditengah antara dua saluran (**Gambar 19**).

4. Kesimpulan

1. Hasil dari penelitian diperoleh gambaran bahwa gradien hidraulis beberapa contoh tanah gambut memperlihatkan bentuk *linier* dan aliran yang terjadi adalah *laminar*.

Bilangan *Reynold* antara (1.14-4,11). Berdasarkan verifikasi tersebut di atas maka formula Darcy dapat dipakai untuk menghitung besarnya koefisien permeabilitas. Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa besarnya koefisien tersebut tergantung dari tingkat kematangan gambut.

2. Untuk gambut jenis safrik nilai K berkisar antara (3,94 – 4,76 – 4,53 – 5,00) m/hari. Pengukuran di lapangan untuk jenis gambut yang serupa menunjukkan nilai antara (5,25 – 8,05) m/hari. Untuk gambut jenis hemik nilai K berkisar antara (19,87 – 23,1 – 26,49 – 25,29 – 27,49 – 27,45 dan 34,58) m/hari. Pengukuran di lapangan untuk jenis gambut serupa memperlihatkan nilai antara (22,24 – 27,36 – 28,06 dan 34,58) m/hari. Untuk gambut jenis fibrik nilai K berkisar antara (43,09 – 46,29 – 43,09 – 51,18) m/hari, sedangkan pengukuran di lapangan untuk jenis gambut serupa bernilai antara (43,75 – 47,54 – 47,80 dan 52,11) m/hari.
3. Hasil dari pemodelan muka air tanah dengan menerapkan kedua persamaan *Schapery* dan *Brakel* memperlihatkan korelasi yang cukup baik dibandingkan dengan data muka air hasil pengamatan di lapangan. Ini ditunjukkan dengan harga koefisien korelasi antara 0,78 – 0,954 dan rata-rata 0,90. Pendekatan menurut Schapery lebih baik jika dibandingkan dengan Brakel oleh karena dapat dipakai untuk menetapkan jarak antara saluran (*drain spacing*).
4. Dari hasil kajian kasus yang terjadi di lapangan dapat disimpulkan bahwa kemampuan lahan gambut menyimpan air cukup baik meskipun terjadi kemarau yang cukup panjang (± 4 bulan) dengan penurunan muka air ditengah antara dua saluran sebesar maksimum 2,30 m dari muka tanah selama keberadaan muka air di saluran dijaga dan dapat dikendalikan dengan menempatkan bangunan hidraulis (*stop log*) ditingkat sekunder.
5. Penurunan muka air tanah ditengah antara dua saluran di lahan gambut bila terjadi hujan untuk durasi 3 harian berturut-turut maupun untuk hujan durasi mingguan memperlihatkan nilai yang hampir sama yaitu sebesar maksimum (0,90–1,10) m dari muka tanah atau sebesar maksimum (2,90–3,10) m dari datum.
6. Penerapan manajemen air yang tepat pada lahan gambut rawa untuk mendukung budidaya perkebunan adalah pengaturan dan pengendalian muka air tanah dilahan dengan menerapkan sistem drainase terkendali yaitu dengan menempatkan saluran drainase tingkat tersier setiap jarak 100 m dan saluran drainase sekunder

setiap jarak 500 m.

7. Pengaturan dan pengendalian tata air pada lahan gambut adalah dengan menjaga muka air tanah selalu dibawah zone perakaran sehingga kelengasan yang tersedia harus cukup ideal untuk pertumbuhan tanaman dengan mengendalikan muka air tanah ditingkat tersier.

Sedangkan untuk mengendalikan elevasi muka air dilahan jangan sampai terlalu rendah diperlukan bangunan pengendali berupa bangunan stop log (skot balok) atau bangunan overflow yang ditempatkan pada saluran ditingkat sekunder. Air berlebih dari saluran sekunder dibuang kesaluran primer.

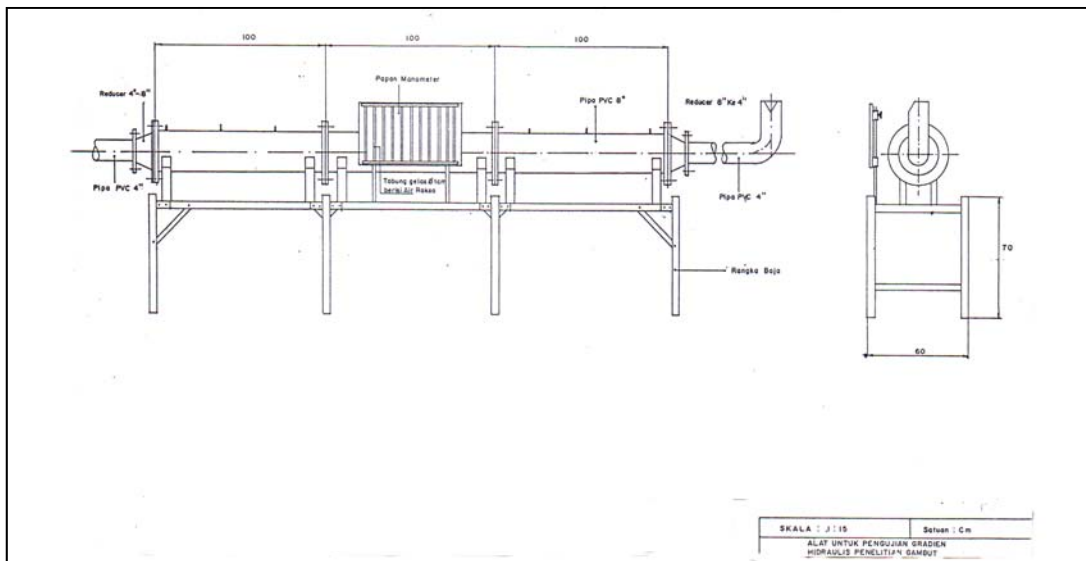
5. Ucapan Terima Kasih

Makalah ini ditulis berdasarkan Penelitian yang dilaksanakan atas dana dan program Hibah Bersaing II/2 yang dibiayai oleh Proyek Peningkatan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Kontrak No.040/P4M/DPPM/94/PHB II/1994.

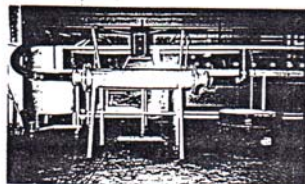
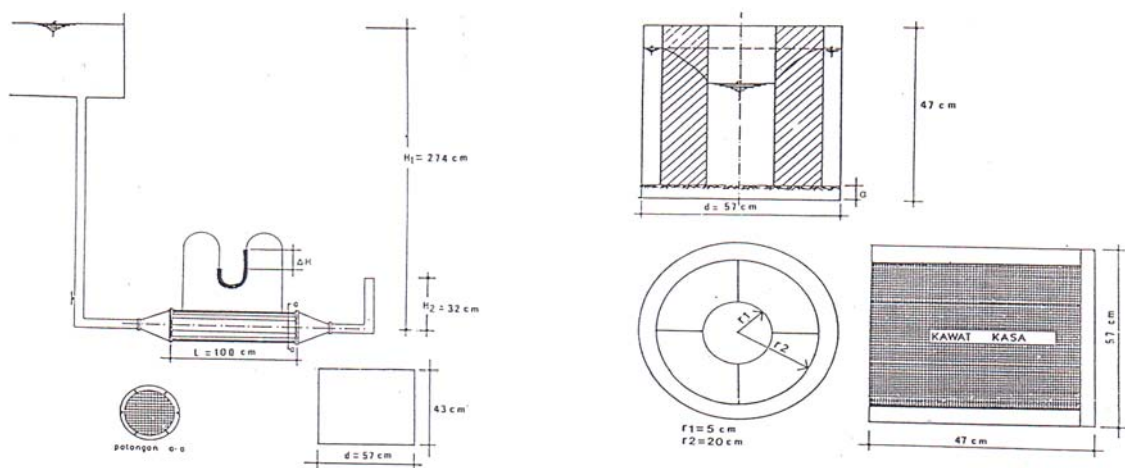
Daftar Pustaka

- Brakel. J., 1968, "*De vorming van een zoetwaterlens ten gevolge van de nuttige neerslag als functie van de tijd*", Civil Engineering Thesis, University of Delft.
- Darcy, H., 1856, "*Les Fontaines Publiques de Dijon*", Dalmonth, Paris.
- Schapery, R.A., 1961, "*Approximate Methods of Transform Inversion for Viscoelastic Stress Analysis*", Proceedings of the Fourth US National Congress in Applied Mechanics, 2, 1075 – 1108.
- Verruijt, A., 1970, "*Theory of Ground Water Flow*", Delft University of Technology, The Netherlands.

Errata



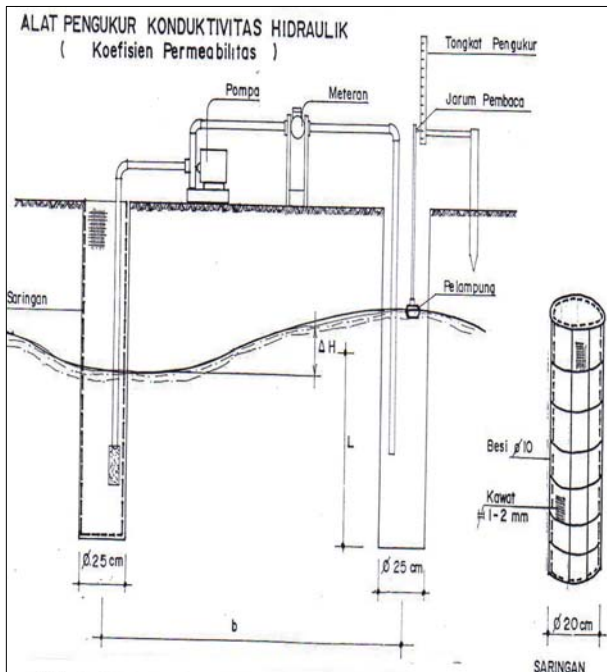
Gambar 2. Alat untuk pengujian gradien hidraulis penelitian gambut



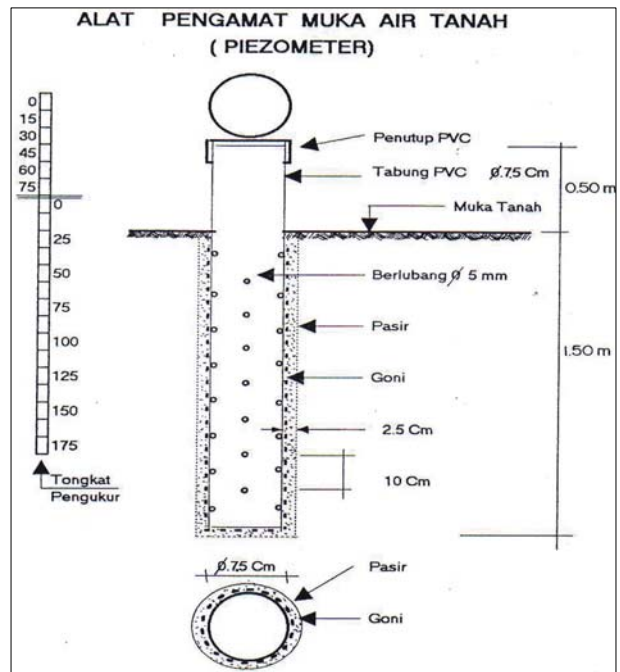
Gambar 3. Alat untuk pengujian koefisien permeabilitas melalui media gambut di laboratorium (tabung uji model *Constant Head*)



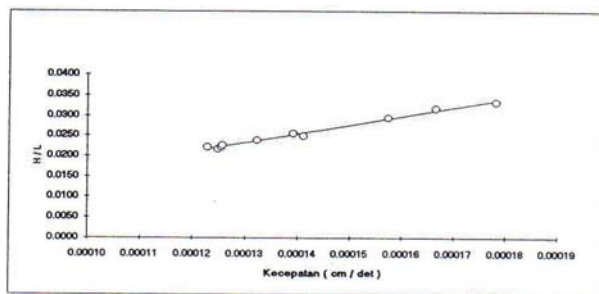
Gambar 4. Alat untuk pengujian koefisien permeabilitas melalui media gambut di laboratorium (tangki uji sumuran)



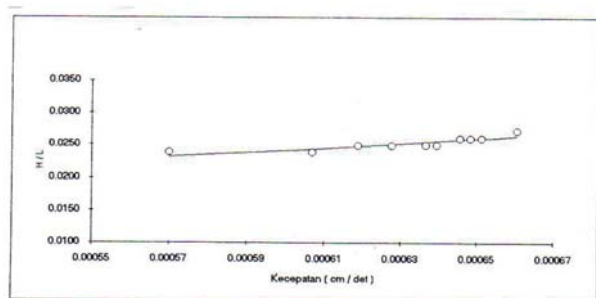
Gambar 5. Alat pengukur konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas) di lapangan



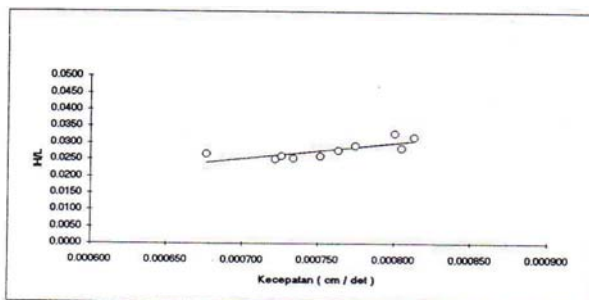
Gambar 6. Alat pengamat muka air tanah di lapangan (piezometer)



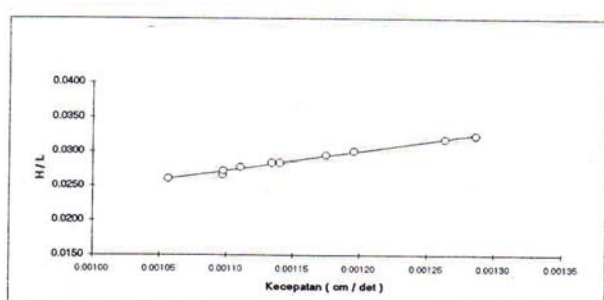
Gambar 7. Grafik V vs H / L untuk sampel tanah 1



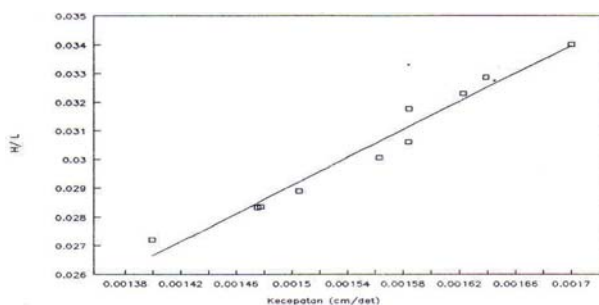
Gambar 8. Grafik V vs H / L untuk sampel tanah 2



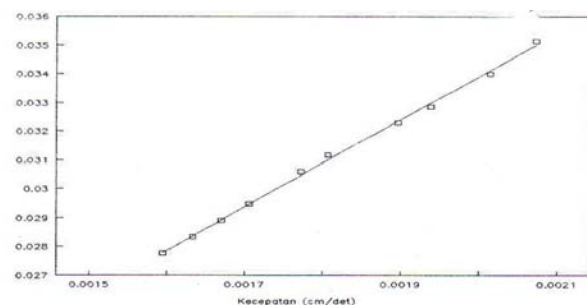
Gambar 9. Grafik V vs H / L untuk sampel tanah 3



Gambar 10. Grafik V vs H / L untuk sampel tanah 4



Gambar 11. Grafik V vs H / L untuk sampel tanah 5



Gambar 12. Grafik V vs H / L untuk sampel tanah 6

Tabel 1. Hasil analisa bilangan Reynold (R)

No Outlet	Sampel 1		Sampel 2		Sampel 3		Sampel 4		Sampel 5		Sampel 6	
	V (m/det)	R	V (m/det)	R	V (m/det)	R	V (m/det)	R	V (m/det)	R	V (m/det)	R
1	1,25E-06	0,2478	5,78E-06	1,1474	7,22E-06	1,4339	1,06E-05	2,0986	1,40E-05	2,7794	1,59E-05	3,1671
2	1,25E-06	0,2492	6,07E-06	1,2056	7,34E-06	1,4575	1,10E-05	2,1795	1,48E-05	2,9298	1,63E-05	3,2444
3	1,23E-06	0,2438	6,19E-06	1,2290	7,52E-06	1,4929	1,10E-05	2,1798	1,48E-05	2,9342	1,67E-05	3,3176
4	1,26E-06	0,2495	6,28E-06	1,2467	7,26E-06	1,4417	1,11E-05	2,2059	1,51E-05	2,9893	1,71E-05	3,3865
5	1,32E-06	0,2625	6,37E-06	1,2644	6,77E-06	1,3437	1,13E-05	2,2521	1,56E-05	3,1041	1,77E-05	3,5207
6	1,41E-06	0,2802	6,39E-06	1,2701	7,64E-06	1,5165	1,14E-05	2,2640	1,58E-05	3,1457	1,81E-05	3,5896
7	1,39E-06	0,2762	6,46E-06	1,2821	8,05E-06	1,5983	1,17E-05	2,3332	1,58E-05	3,1466	1,90E-05	3,7676
8	1,57E-06	0,3126	6,48E-06	1,2878	7,75E-06	1,5389	1,20E-05	2,3746	1,62E-05	3,2229	1,94E-05	3,8504
9	1,66E-06	0,3307	6,51E-06	1,2935	8,13E-06	1,6146	1,26E-05	2,5086	1,64E-05	3,2551	2,01E-05	4,0003
10	1,78E-06	0,3538	6,60E-06	1,3118	8,00E-06	1,5894	1,29E-05	2,5545	1,70E-05	3,3763	2,07E-05	4,1171

Tabel 2. Hasil analisa koefisien permeabilitas menggunakan rumus selisih tekanan

No Outlet	Koefisien Permeabilitas (m/hari)					
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6
1	5,0000	19,8720	24,9955	35,0266	44,4528	49,6195
2	4,9058	19,9800	24,9782	35,5968	44,9798	49,8096
3	4,7995	20,3126	24,9178	34,8624	45,0144	49,9392
4	4,7926	20,3178	24,0624	34,5600	44,9971	49,9997
5	4,7987	21,0038	21,9456	34,5514	44,9280	50,0515
6	4,8851	21,1939	23,7600	34,7328	44,7206	50,1034
7	4,7123	21,1853	24,5376	34,4477	43,1050	50,7427
8	4,6146	21,9715	22,8960	34,3699	43,4074	50,9674
9	4,5300	23,1034	22,1184	34,3872	43,0877	51,1834
10	4,5999	23,6295	21,0384	34,4045	43,1991	50,9751

Tabel 2.a. Hasil analisa koefisien permeabilitas menggunakan regresi linier

No Sampel	X Coef.	k=1/X cm/det	k m/hari
1	219,3043	0,00456	3,9397
2	38,7848	0,02578	22,2768
3	47,6672	0,02098	18,1257
4	27,8417	0,03592	31,0326
5	24,4417	0,04091	35,3494
6	15,0921	0,06626	57,2485

Tabel 3. Hasil pengukuran konduktivitas hidraulik (koefisien permeabilitas-k) in-situ

Lokasi	t (menit)	Volume (liter)	b (m)	φ lobang (cm)	L (m)	ΔH (cm)	$k = \frac{Q}{x \cdot L \cdot \Delta H} \cdot \cosh^{-1} \left(\frac{b}{2a} \right)$ dalam m/hari
P - 1	10	3,30	2,0	20	0,54	14,7	5,25
P - 2	10	4,72	2,0	20	0,66	12,2	8,05
P - 3	10	47,10	2,5	20	1,42	22,0	22,24
P - 4	10	97,20	2,5	20	1,29	28,2	27,36
P - 5	10	105,50	2,5	20	1,25	36,1	34,58
P - 6	15	132,95	3,0	20	1,48	32,0	43,75
P - 7	15	162,30	3,0	20	1,40	38,2	47,54
P - 8	15	183,25	3,0	20	1,36	40,3	52,12

Tabel 4. Hasil pengamatan muka air tanah di lahan dan muka air di saluran

Tanggal	Blok	Taraf Muka Air (m)	Porsit No.					Hujan (mm)
			1	2	3	4	5	
12/9/93	8 - 10	2,60	2,04	0,95	0,86	1,15	1,82	98,7
5/9/93	8 - 10	2,60	2,02	0,98	0,95	1,07	1,87	100
29/8/93	8 - 10	2,65	2,04	0,74	0,77	1,11	1,79	87,3
22/8/93	8 - 10	2,70	2,05	0,73	0,68	1,03	1,83	81,3
15/8/93	8 - 10	2,70	2,00	0,84	0,77	0,90	2,00	83,7
8/8/93	8 - 10	2,65	2,00	0,88	0,85	0,90	1,94	87,7
29/7/93	8 - 10	2,60	2,02	1,00	0,94	1,12	2,05	102
22/7/93	8 - 10	2,65	2,00	0,88	0,76	0,90	1,81	84,7
15/7/93	8 - 10	2,75	2,00	0,88	0,72	0,85	1,57	76

Tabel 5. Perhitungan tinggi muka air tanah untuk hujan 81.3mm

Kedalaman tanah = 4 meter waktu = 7 hari
 $S = 0,065$ $T=KH = 39$
 $K = 30$ $f(t) = 7,6817$

METODA SCHAPERY

x m	hujan mm	N m/hari	TMA m	H m	f(x)	F(x)	h m	d m	D. LAP. m
-250	81,3	0,00951	2,7	1,3	7,6817	0,0000	1,3000	2,7000	1,3
-225					5,8659	0,4842	1,7842	2,2158	
-200					4,4892	0,8512	2,1512	1,8488	
-175					3,4486	1,1287	2,4287	1,5713	
-160					2,9523	1,2610	2,5610	1,4390	1,95
-125					2,0835	1,4926	2,7926	1,2074	
-100					1,6567	1,6604	2,9604	1,0936	
-80					1,4058	1,6733	2,9733	1,0267	3,27
-25					1,0374	1,7715	3,0715	0,9285	
0					1,0000	1,7815	3,0815	0,9185	3,32
25					1,0374	1,7715	3,0715	0,9285	
80					1,4058	1,6733	2,9733	1,0267	2,97
100					1,6567	1,6604	2,9604	1,0936	
125					2,0835	1,4926	2,7926	1,2074	
160					2,9523	1,2610	2,5610	1,4390	2,17
175					3,4486	1,1287	2,4287	1,5713	
200					4,4892	0,8512	2,1512	1,8488	
225					5,8659	0,4842	1,7842	2,2158	
250					7,6817	0,0000	1,3000	2,7000	1,3

METODA BRAKEL

x m	hujan mm	N m/hari	TMA m	H m	f(x)	F(x)	h m	d m
-250	81,3	0,00951	2,7	1,3	0,8174	0,0000	1,3000	2,7000
-225					0,8174	0,2643	1,5643	2,4357
-200					0,8174	0,5008	1,8008	2,1992
-175					0,8174	0,7095	2,0095	1,9905
-160					0,8174	0,8214	2,1214	1,8786
-125					0,8174	1,0434	2,3434	1,6566
-100					0,8174	1,1686	2,4686	1,5314
-80					0,8174	1,2487	2,5487	1,4513
-25					0,8174	1,3773	2,6773	1,3227
0					0,8174	1,3912	2,6912	1,3088
25					0,8174	1,3773	2,6773	1,3227
80					0,8174	1,2487	2,5487	1,4513
100					0,8174	1,1686	2,4686	1,5314
125					0,8174	1,0434	2,3434	1,6566
160					0,8174	0,8214	2,1214	1,8786
175					0,8174	0,7095	2,0095	1,9905
200					0,8174	0,5008	1,8008	2,1992
225					0,8174	0,2643	1,5643	2,4357
250					0,8174	0,0000	1,3000	2,7000

Tabel 6. Perhitungan tinggi muka air tanah untuk hujan 87.3mm

Kedalaman tanah = 4 meter waktu = 7 hari
 $S = 0,065$ $T=KH = 39$
 $K = 30$ $f(t) = 7,6817$

METODA SCHAPERY

x m	hujan mm	N m/hari	TMA m	H m	f(x)	F(x)	h m	d m	D. LAP. m
-250	83,7	0,00985	2,7	1,3	7,6817	0,0000	1,3000	2,7000	1,3
-225					5,8659	0,5016	1,8016	2,1984	
-200					4,4892	0,8819	2,1819	1,8181	
-175					3,4486	1,1693	2,4693	1,5307	
-160					2,9523	1,3064	2,6064	1,3936	2
-125					2,0835	1,5465	2,8465	1,1535	
-100					1,6567	1,6644	2,9644	1,0356	
-80					1,4058	1,7337	3,0337	0,9663	3,16
-25					1,0374	1,8354	3,1354	0,8646	
0					1,0000	1,8458	3,1458	0,8542	3,23
25					1,0374	1,8354	3,1354	0,8646	
80					1,4058	1,7337	3,0337	0,9663	3,1
100					1,6567	1,6644	2,9644	1,0356	
125					2,0835	1,5465	2,8465	1,1535	
160					2,9523	1,3064	2,6064	1,3936	2
175					3,4486	1,1693	2,4693	1,5307	
200					4,4892	0,8819	2,1819	1,8181	
225					5,8659	0,5016	1,8016	2,1984	
250					7,6817	0,0000	1,3000	2,7000	1,3

METODA BRAKEL

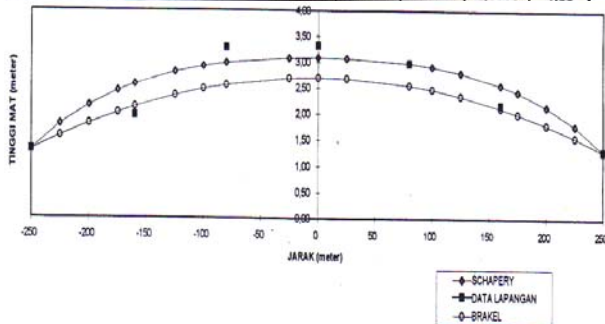
x m	hujan mm	N m/hari	TMA m	H m	f(x)	F(x)	h m	d m
-250	83,7	0,00985	2,7	1,3	0,8174	0,0000	1,3000	2,7000
-225					0,8174	0,2739	1,5739	2,4261
-200					0,8174	0,5189	1,8189	2,1811
-175					0,8174	0,7351	2,0351	1,9649
-160					0,8174	0,8510	2,1510	1,8490
-125					0,8174	1,0810	2,3810	1,6190
-100					0,8174	1,2107	2,5107	1,4893
-80					0,8174	1,2937	2,5937	1,4063
-25					0,8174	1,4269	2,7269	1,2731
0					0,8174	1,4413	2,7413	1,2587
25					0,8174	1,4269	2,7269	1,2731
80					0,8174	1,2937	2,5937	1,4063
100					0,8174	1,2107	2,5107	1,4893
125					0,8174	1,0810	2,3810	1,6190
160					0,8174	0,8510	2,1510	1,8490
175					0,8174	0,7351	2,0351	1,9649
200					0,8174	0,5189	1,8189	2,1811
225					0,8174	0,2739	1,5739	2,4261
250					0,8174	0,0000	1,3000	2,7000

Tabel 7. Perhitungan tinggi muka air tanah untuk hujan 87.7mm

Kedalaman tanah = 4 meter waktu = 7 hari
 $S = 0,065$ $T=KH = 40,5$
 $K = 30$ $f(t) = 7,30316$

METODA SCHAPERY

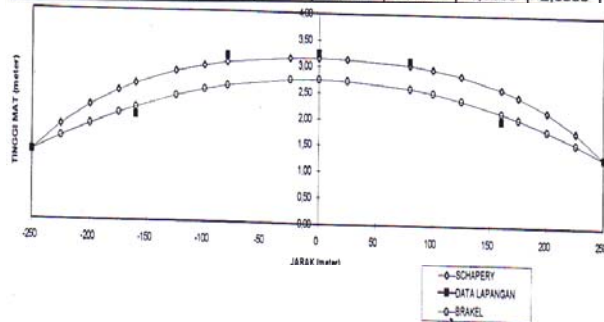
x	hujan	N	TMA	H	f(x)	F(x)	h	d	D. LAP.
m	mm	m/hari	m	m			m	m	m
-250	87,7	0,01042	2,65	1,35	7,3032	0,0000	1,3500	2,6500	1,35
-225					5,6067	0,5215	1,8715	2,1285	
-200					4,3144	0,9188	2,2688	1,7312	
-175					3,3330	1,2205	2,5705	1,4295	
-160					2,8632	1,3649	2,7149	1,2851	2
-125					2,0375	1,6187	2,9687	1,0313	
-100					1,6301	1,7440	3,0940	0,9060	
-80					1,3898	1,8178	3,1678	0,8322	3,12
-25					1,0360	1,9266	3,2766	0,7234	
0					1,0000	1,9377	3,2877	0,7123	3,15
25					1,0360	1,9266	3,2766	0,7234	
80					1,3898	1,8178	3,1678	0,8322	3,1
100					1,6301	1,7440	3,0940	0,9060	
125					2,0375	1,6187	2,9687	1,0313	2,06
160					2,8632	1,3649	2,7149	1,2851	
175					3,3330	1,2205	2,5705	1,4295	
200					4,3144	0,9188	2,2688	1,7312	
225					5,6067	0,5215	1,8715	2,1285	
250					7,3032	0,0000	1,3500	2,6500	1,35



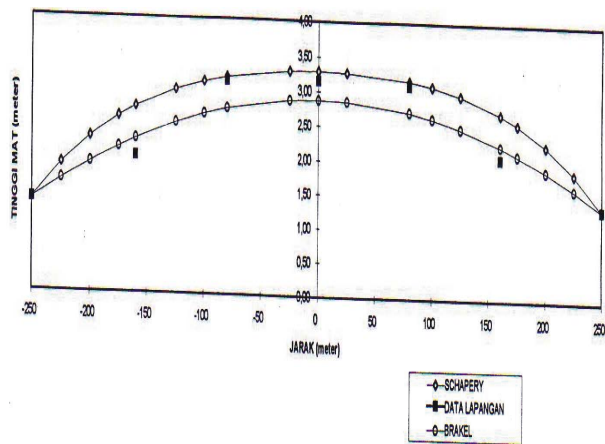
Gambar 13. Tinggi muka air tanah hujan 81.3mm, $S = 0.065$, $K = 30$

METODA BRAKEL

x	hujan	N	TMA	H	f(x)	F(x)	h	d
m	mm	m/hari	m	m			m	m
-250	87,7	0,01042	2,65	1,35	0,8111	0,0000	1,3500	2,6500
-225					0,8111	0,2887	1,6387	2,3613
-200					0,8111	0,5469	1,8969	2,1031
-175					0,8111	0,7748	2,1248	1,8752
-160					0,8111	0,8970	2,2470	1,7530
-125					0,8111	1,1394	2,4894	1,5106
-100					0,8111	1,2762	2,6262	1,3738
-80					0,8111	1,3637	2,7137	1,2863
-25					0,8111	1,5040	2,8540	1,1460
0					0,8111	1,5192	2,8692	1,1308
25					0,8111	1,5040	2,8540	1,1460
80					0,8111	1,3637	2,7137	1,2863
100					0,8111	1,2762	2,6262	1,3738
125					0,8111	1,1394	2,4894	1,5106
160					0,8111	0,8970	2,2470	1,7530
175					0,8111	0,7748	2,1248	1,8752
200					0,8111	0,5469	1,8969	2,1031
225					0,8111	0,2887	1,6387	2,3613
250					0,8111	0,0000	1,3500	2,6500



Gambar 14. Tinggi muka air tanah hujan 83.7mm, $S = 0.065$, $K = 30$



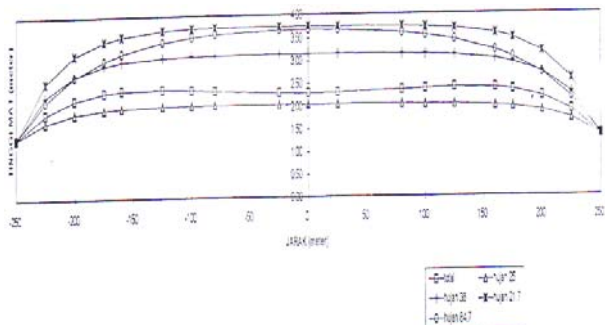
Gambar 15. Tinggi muka air tanah hujan 87.7mm, $S = 0.065$, $K = 30$

Tabel 8. Perhitungan tinggi muka air tanah pada tanah gambut

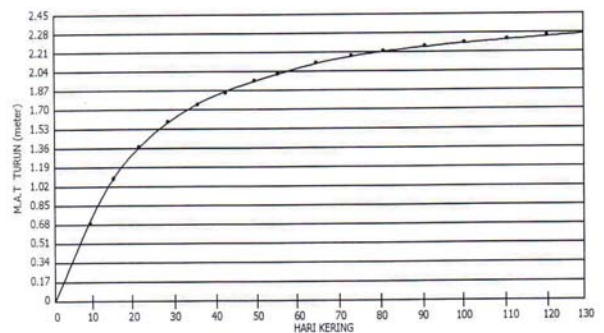
Kedalaman tanah = 4 meter waktu = 120 hari
 $S = 0,065$ $T=KH = 40,5$
 $K = 30$ $f(t) = 1,216357$

METODA SCHAPERY

x	hujan	N	TMA	H	f(x)	F(x)	evapo	Total	25 mm	38 mm	21,7 mm	84,7 mm
m	mm	m/hari	m	m			m	m	m	m	m	m
-250	0	-0,0021	2,65	1,35	1,216	0,000	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350
-225					1,174	-0,270	1,080	1,889	1,707	2,267	2,573	2,159
-200					1,137	-0,509	0,841	2,187	1,884	2,721	3,178	2,696
-175					1,104	-0,717	0,633	2,335	1,970	2,942	3,473	3,052
-160					1,087	-0,828	0,522	2,378	1,999	3,017	3,573	3,206
-125					1,053	-1,046	0,304	2,399	2,034	3,108	3,691	3,445
-100					1,034	-1,168	0,182	2,379	2,044	3,133	3,727	3,547
-80					1,021	-1,245	0,105	2,356	2,049	3,144	3,742	3,601
-25					1,002	-1,389	-0,019	2,305	2,053	3,155	3,757	3,674
0					1,000	-1,382	-0,032	2,299	2,053	3,156	3,758	3,681
25					1,002	-1,389	-0,019	2,305	2,053	3,155	3,757	3,674
80					1,021	-1,245	0,105	2,356	2,049	3,144	3,742	3,601
100					1,034	-1,168	0,182	2,379	2,044	3,133	3,727	3,547
125					1,053	-1,046	0,304	2,399	2,034	3,108	3,691	3,445
160					1,087	-0,828	0,522	2,378	1,999	3,017	3,573	3,206
175					1,104	-0,717	0,633	2,335	1,970	2,942	3,473	3,052
200					1,137	-0,509	0,841	2,187	1,884	2,721	3,178	2,696
225					1,174	-0,270	1,080	1,889	1,707	2,267	2,573	2,159
250					1,216	0,000	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350	1,350



Gambar 16. Tinggi muka air tanah $S = 0.065$, $K = 30$



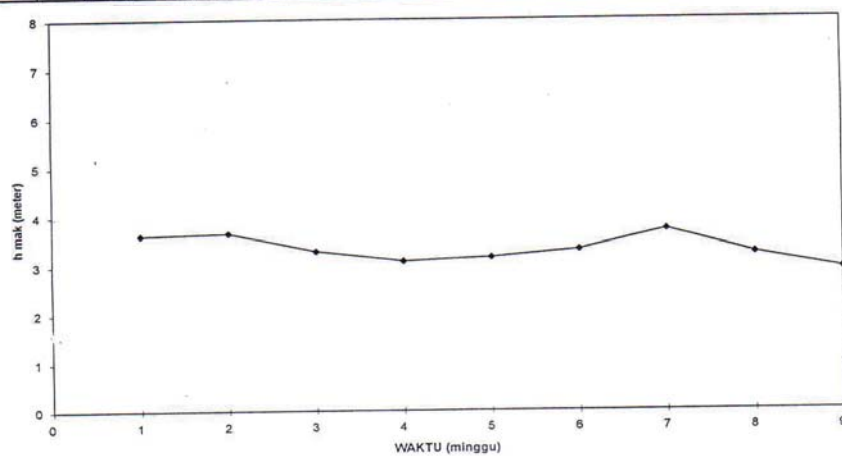
Gambar 17. Turunnya M.A.T vs hari kering

Tabel 9. Perhitungan tinggi muka air tanah pada tanah gambut

Kedalaman tanah = 4 meter waktu = 1 minggu
 $S = 0,065$ $T=KH = 262,5$
 $K = 210$ $f(t) = 8,1045$

METODA SCHAPERY

x	hujan	N	TMA	H	f(x)	F(x)	76 mm	100 mm	98,7 mm	87,3 mm	81,3 mm	83,7 mm	87,7 mm	102mm	84,7 mm
m	mm	m/mgu	m	m			m	m	m	m	m	m	m	m	m
-250	76	0,061	2,75	1,25	8,10	0,00	1,25	1,40	1,40	1,35	1,30	1,30	1,35	1,40	1,35
-225					6,15	0,45	1,70	2,00	1,99	1,87	1,78	1,80	1,87	2,01	1,85
-200					4,68	0,80	2,05	2,46	2,44	2,26	2,15	2,18	2,27	2,48	2,23
-175					3,58	1,05	2,30	2,81	2,79	2,58	2,43	2,47	2,57	2,84	2,52
-150					3,05	1,18	2,43	2,98	2,95	2,71	2,56	2,61	2,71	3,01	2,66
-125					2,13	1,39	2,64	3,27	3,24	2,98	2,79	2,85	2,97	3,32	2,90
-100					1,89	1,49	2,74	3,42	3,39	3,08	2,91	2,96	3,09	3,47	3,02
-75					1,42	1,55	2,80	3,51	3,47	3,16	2,97	3,03	3,17	3,55	3,09
-50					1,04	1,64	2,89	3,63	3,60	3,27	3,07	3,14	3,28	3,69	3,20
-25					1,00	1,65	2,90	3,65	3,61	3,28	3,08	3,15	3,29	3,70	3,21
0					1,04	1,64	2,89	3,63	3,60	3,27	3,07	3,14	3,28	3,69	3,20
25					1,42	1,55	2,80	3,51	3,47	3,16	2,97	3,03	3,17	3,55	3,09
50					1,89	1,49	2,74	3,42	3,39	3,08	2,91	2,96	3,09	3,47	3,02
75					2,13	1,39	2,64	3,27	3,24	2,98	2,79	2,85	2,97	3,32	2,90
100					3,05	1,18	2,43	2,98	2,95	2,71	2,56	2,61	2,71	3,01	2,66
125					3,58	1,05	2,30	2,81	2,79	2,58	2,43	2,47	2,57	2,84	2,52
150					4,68	0,80	2,05	2,46	2,44	2,26	2,15	2,18	2,27	2,48	2,23
175					6,15	0,45	1,70	2,00	1,99	1,87	1,78	1,80	1,87	2,01	1,85
200					8,10	0,00	1,25	1,40	1,40	1,35	1,30	1,30	1,35	1,40	1,35
225															
250															



Gambar 18. H mak vs minggu

Tabel 10. Perhitungan tinggi muka air tanah pada tanah gambut

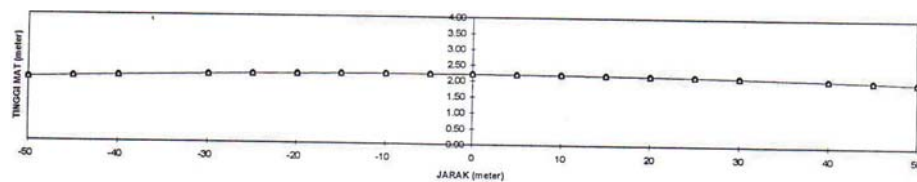
Kedalaman tanah = 4 meter waktu = 7 hari
 $S = 0,065$ $T=KH = 60$
 $K = 30$ $f(t) = 1,0983$

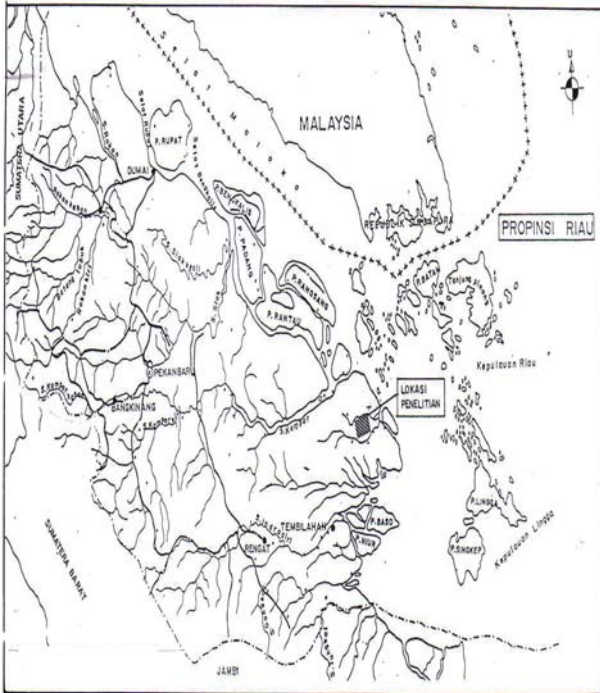
METODA SCHAPERY

x	hujan	N	TMA	H	f(x)	F(x)	h	INDIF
m	mm	m/hari	m	m			m	m
-50	84,7	0,01000	2	2	1,098	0,000	2,000	2,000
-45					1,079	0,037	2,037	2,040
-40					1,063	0,070	2,070	2,075
-30					1,035	0,124	2,124	2,133
-25					1,024	0,145	2,145	2,156
-20					1,016	0,162	2,162	2,166
-15					1,009	0,176	2,176	2,189
-10					1,004	0,185	2,185	2,199
-5					1,001	0,191	2,191	2,205
0					1,000	0,193	2,193	2,208
5					1,001	0,191	2,191	2,205
10					1,004	0,185	2,185	2,199
15					1,009	0,176	2,176	2,189
20					1,016	0,162	2,162	2,166
25					1,024	0,145	2,145	2,156
30					1,035	0,124	2,124	2,133
40					1,063	0,070	2,070	2,075
45					1,079	0,037	2,037	2,040
50					1,098	0,000	2,000	2,000

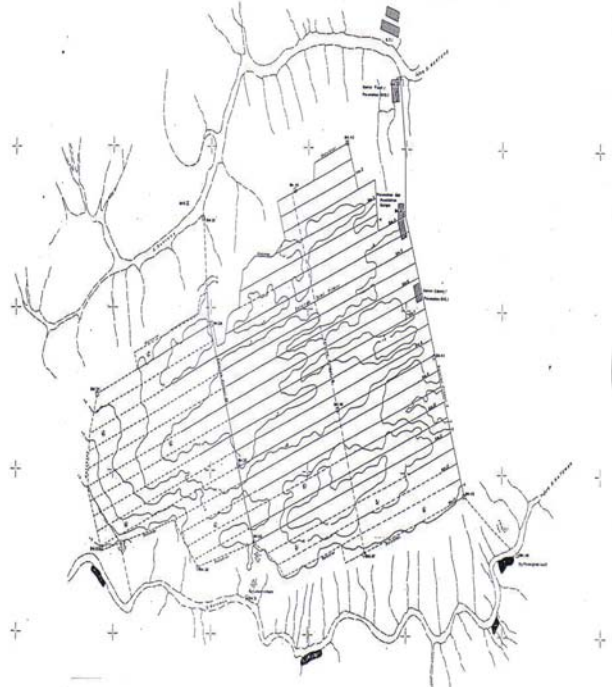
METODA BRAKEL

x	hujan	N	TMA	H	f(x)	F(x)	h
m	mm	m/hari	m	m			m
-50	84,7	0,01000	2	2	0,000	0,000	2,000
-45					0,000	0,040	2,040
-40					0,000	0,075	2,075
-30					0,000	0,133	2,133
-25					0,000	0,156	2,156
-20					0,000	0,175	2,175
-15					0,000	0,189	2,189
-10					0,000	0,200	2,200
-5					0,000	0,206	2,206
0					0,000	0,208	2,208
5					0,000	0,206	2,206
10					0,000	0,200	2,200
15					0,000	0,189	2,189
20					0,000	0,175	2,175
25					0,000	0,156	2,156
30					0,000	0,133	2,133
40					0,000	0,075	2,075
45					0,000	0,040	2,040
50					0,000	0,000	2,000

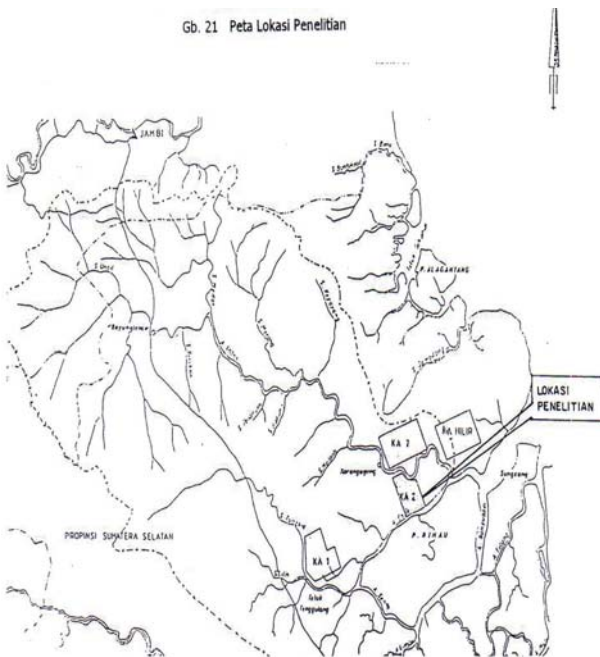
Gambar 19. Tinggi muka air tanah
Hujan 84,7mm, S = 0,065, K = 30



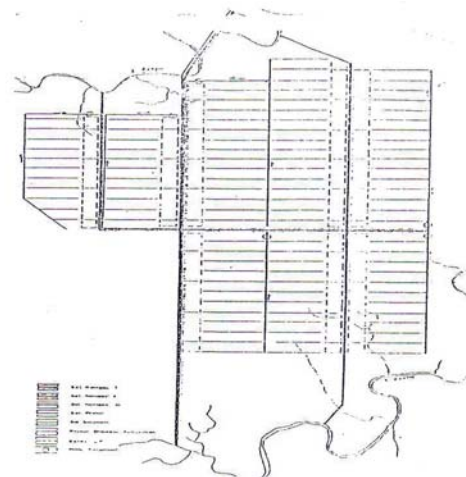
Gambar 20. Peta lokasi penelitian



Gambar 21. Lokasi penelitian, Guntung-Kateman Prop. Riau



Gambar 22. Peta lokasi penelitian



Gambar 23. Lokasi penelitian, Karang Agung, Propinsi Sumatera Selatan